

PERENCANAAN CHECK DAM KALI GUNG KABUPATEN TEGAL

Anwar Eko Yulianto, Yunus Jonatan, Sutarto Edhisono^{*)}, Abdul Kadir^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

DAS Gung merupakan bagian dari DAS yang terletak di Kabupaten Tegal dengan luas 45,65 km², di mana Sungai Gung sebagai sungai utamanya. Kondisi Sungai Gung pada saat ini mengalami penurunan fungsi dalam mengalirkan debit banjir akibat berkurangnya luas penampang sungai (kapasitas tampung sungai) dikarenakan sedimentasi yang terjadi. Penyebab utama tingginya laju sedimentasi adalah rusaknya daerah tangkapan air dan pengelolaan lahan yang kurang memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah. Oleh karena itu, sangat dibutuhkan pengelolaan daerah pengaliran sungai yang efektif dengan menekankan pada konservasi dan pengamanan terhadap lahan (khususnya lahan kritis) dan air, terutama di bagian hulu sungai. Salah satu tindakan untuk masalah erosi dan sedimentasi tersebut adalah dengan membangun bangunan pengendali sedimen atau biasa disebut check dam. Dari perhitungan yang telah dilakukan, check dam direncanakan memiliki fisik seperti sebagai berikut: elevasi puncak mercu pelimpah main dam pada elevasi +431,500 m dengan tinggi efektif sebesar 4 m dan kedalaman pondasi sebesar 3,2 m, lebar mercu pelimpah main dam didapatkan sebesar 20 m, dengan Q rencana periode ulang 50 tahun sebesar 502,368 m³/dtk, tinggi sayap main dam sebesar 6,469 m pada elevasi +437,969 m dengan tinggi jagaan sebesar 1,0 m, konstruksi main dam adalah pasangan batu kali, elevasi puncak mercu pelimpah sub dam pada +429,000 m dengan tinggi mercu sebesar 1,5 m dan kedalaman pondasi sebesar 2,5 m, tinggi sayap sub dam sebesar 6,567 m pada elevasi +435,567 m dengan tinggi jagaan sebesar 1,0 m, konstruksi sub dam berupa pasangan batu kali, elevasi lantai lindung pada elevasi +427,500 m dengan ketebalan sebesar 1,8 m, konstruksi lantai lindung berupa beton dengan mutu K 175 setebal 1,5 m (lapisan bawah) dan K 225 setebal 0,3 m (lapisan atas/selimut).

kata kunci : *Sungai Gung, erosi, sedimentasi, check dam*

ABSTRACT

Gung watershed is part of the watershed which located in Tegal regency with an area of 45.65 km² where Gung River as its main river. Gung river conditions at this time had a reduction in the flow of flood discharge due to reduced cross-sectional area of the river (river capacities) due to sedimentation. The main cause of the high rate of sedimentation is the destruction of water catchment areas and land management less attention to the principles of conservation land. Therefore it is very necessary management effective river

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

drainage area with emphasis on the conservation and protection of the land (in particular critical area) and water, especially in the upstream of the river. One of the countermeasures for erosion and sedimentation problems in this river is by building sediment control structure or so-called check dam. From the calculations have been done, check dam was designed to have the following features: spillway crest of the main dam at El. +431.500 m, 4 m dam height and 3.2 m foundation depth, bottom width obtained by 20 m, flood design discharge with 50 years return period was 502.368 m³/sec, height of wing crests was 6.469 m at El.+437.969 m with 1.0 m freeboard, construction of the main dam was stone masonry; spillway crest of the sub dam at El.+429.000 m with 1.5 m height and 2.5 m foundation depth, height of wing crests was 6.567 m at El.+435.567 m with 1.0 m freeboard, construction of the sub dam was stone masonry. The apron elevation was El.+427.500 m with 1.8 m thickness. The apron protection was concrete in quality K 175 with 1.5 m thickness (bottom layer) and quality K 225 with 0.3 m thickness (upper layer/blanket).

keywords: *Gung River, erosion, sedimentation, checkdam*

PENDAHULUAN

Kali Gung yang termasuk dalam DAS Gung terletak di Wilayah Sungai Pemali Comal dengan debit 17,80 m³/dtk serta curah hujan rata-rata 1600-3200 mm/th. Dari hasil studi terdahulu, yaitu Studi Konservasi Kawasan Berlahan Kritis Hulu Wilayah Sungai (WS) Jratunseluna dan WS Pemali Comal, DAS Gung merupakan DAS prioritas di mana banyak terjadi kerusakan pada daerah tangkapan airnya yang disebabkan oleh berubahnya tata guna lahan. Tingkat erosi sungai juga dinilai tinggi, di mana di sebagian daerah terdapat penambangan galian. Untuk mengendalikan jumlah sedimen tersebut perlu adanya langkah konservasi lahan. Namun dalam pelaksanaannya, langkah konservasi lahan memiliki kendala waktu di mana hasilnya tidak terlalu signifikan dalam waktu dekat. Untuk itu perlu dibuat Bangunan Pengendali Sedimen sebagai penunjang langkah pengamanan DAS Gung dari bahaya erosi dan sedimentasi.

DAS Gung terletak di wilayah administratif Kabupaten Tegal. Secara geografis DAS Gung terletak antara 109°08'05" — 109°09'04" BT dan antara 7°02'47" - 7°14'05" LS. Elevasi di DAS Gung bervariasi dari 135 m sampai 1.300 m, sehingga banyak terbentuk alur-alur alamiah dari anak Gunung Slamet yang mengalir menuju ke arah Kali Gung dan bermuara ke Laut Jawa.

Lokasi pembangunan Bangunan Pengendali Sedimen Kali Gung terletak di Desa Kalibakung Kecamatan Bumijawa Kabupaten Tegal. Dari pengamatan dan analisis dari peta rupa bumi serta sumber yang lain, DAS Gung diketahui memiliki luas DAS (A) ± 45,6499 km². Panjang sungai dihitung dari hulu ke lokasi pembangunan (L) ± 20,975 km. Elevasi di hulu adalah + 3.337,5 mdpl dan di lokasi pembangunan adalah + 437,5 mdpl, sehingga kemiringan dasar sungai rata-rata (S) = 0,1383.

STUDI PUSTAKA

Analisis Data Hidrologi

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (*hydrologic phenomenon*), seperti besarnya curah hujan, temperatur, penguapan, lamanya penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, dan konsentrasi sedimen sungai. Keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi dapat dikumpulkan, dihitung, disajikan, dan ditafsirkan dengan menggunakan prosedur tertentu, yaitu metode statistik (Soewarno, 1995).

Periode Ulang

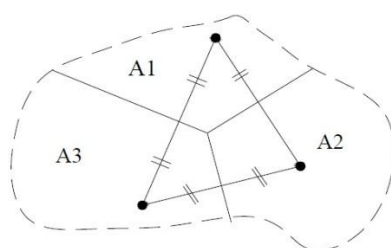
Perencanaan periode ulang (*return period* atau *recurrence interval*) suatu banjir rencana pada prinsipnya berlandaskan pada teori kemungkinan lebih, sehingga bila terjadi banjir tertentu melebihi banjir rencana tersebut maka prasarana yang dibangun tidak akan mampu berfungsi seperti yang diharapkan (Dirjen Pengairan, 1993).

Perhitungan Curah Hujan Maksimum Harian Rata – Rata

Cara poligon Thiessen

Metode poligon *Thiessen* merupakan cara terbaik dan paling banyak digunakan saat ini, walau masih memiliki kekurangan karena tidak memasukkan pengaruh topografi. Metode ini dapat digunakan pada daerah yang memiliki titik pengamatan yang tidak tersebar merata (Dirjen Pengairan, 2002).

$$\begin{aligned}\bar{R} &= \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + A_3 R_3 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \\ &= \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + A_3 R_3 + \dots + A_n R_n}{A} \\ &= W_1 R_1 + W_2 R_2 + W_3 R_3 + \dots + W_n R_n\end{aligned}$$



Gambar 1. Poligon *Thiessen*

Distribusi Peluang untuk Analisis Frekuensi Curah Hujan

Distribusi peluang (*probability distribution*) adalah suatu distribusi yang menggambarkan peluang dari sekumpulan variat sebagai pengganti frekuensinya. Analisis frekuensi curah hujan membutuhkan data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan. Analisis frekuensi didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan yang akan datang.

Parameter Statistik

Parameter statistik (*statistical parameters*) adalah parameter yang digunakan dalam analisis susunan data dari sebuah variabel. Susunan data itu dapat berupa distribusi (*distribution*) atau deret berkala (*time series*). Parameter statistik yang digunakan diantaranya :

- a. Nilai Rata-Rata Hitung (\bar{X}).
- b. *Deviasi Standard* (Sd).
- c. Koefisien Variasi (Cv).
- d. Koefisien Kemencengan/ *Skewness* (Cs).
- e. Koefisien Kurtosis (Ck)

Pemilihan Jenis Sebaran

1. Distribusi Normal
Analisis hidrologi distribusi normal banyak digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan dan sebagainya.
2. Distribusi *Log Normal*
Distribusi *Log Normal*, merupakan hasil transformasi dari distribusi Normal, yaitu dengan mengubah variat X menjadi nilai logaritmik variat X . Distribusi *Log Pearson* Tipe III akan menjadi distribusi *Log Normal* apabila nilai koefisiensi kemencengan $Cs = 0,00$.
3. Distribusi Gumbel Tipe I
Distribusi Gumbel Tipe I umumnya digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir.
4. Distribusi *Log Pearson* Tipe III
Distribusi *Log Pearson* tipe III banyak digunakan dalam dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrem. Bentuk distribusi *Log Pearson* tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi *Pearson* tipe III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik.

Uji Sebaran

1. Uji Kecocokan Data dengan Metode *Chi-Square*
Uji *Chi Square* merupakan sebuah metode yang banyak digunakan untuk menguji apakah sekumpulan data mengikuti distribusi *Gauss* atau tidak. Distribusi *Chi square* termasuk dalam statistik nonparametrik yaitu distribusi dimana besaran-besaran populasi tidak diketahui (Soewarno, 1995).
2. Uji Kecocokan Data dengan Metode *Smirnov-Kolmogorof*
Uji Kecocokan Data dengan Metode *Smirnov-Kolmogorof* dilakukan dengan cara membandingkan *probabilitas* untuk tiap-tiap variabel dari distribusi empiris dan teoritis didapat perbedaan (Δ). Perbedaan maksimum yang dihitung (Δ maks) dibandingkan dengan perbedaan kritis (Δ_{cr}) untuk suatu derajat nyata dan banyaknya variat tertentu, maka sebaran sesuai jika ($\Delta_{maks} < (\Delta_{cr})$). Rumus yang dipakai (Soewarno, 1995).

Debit Banjir Rencana

Metode yang biasa dipakai dalam menghitung debit banjir rencana adalah sebagai berikut :

1. Metode Rasional.
2. Metode *Haspers*.
3. Metode *Weduwen*.
4. Metode *Melchior*.
5. Metode *Passing Capacity*.

Analisis Erosi Dan Sedimentasi**Model Prediksi Erosi USLE**

Model *USLE* adalah metode yang paling umum digunakan. Metode *USLE* dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan besarnya erosi untuk berbagai macam kondisi tataguna lahan dan kondisi iklim yang berbeda. *USLE* memungkinkan perencanaan memprediksi laju erosi rata-rata lahan tertentu pada suatu kemiringan dengan pola hujan tertentu untuk setiap macam jenis tanah dan penerapan pengelolaan lahan (tindakan konservasi lahan). *USLE* dirancang untuk memprediksi erosi jangka panjang dari erosi lembar (*sheet erosion*) dan erosi alur di bawah kondisi tertentu. Persamaan tersebut juga dapat digunakan untuk memprediksi erosi pada lahan-lahan non-pertanian, tapi tidak dapat digunakan untuk memprediksi pengendapan dan memperhitungkan hasil sedimen dari erosi parit, tebing sungai, dan dasar sungai (Asdak, 1995). Persamaan *USLE* adalah sebagai berikut :

$$Ea = R \times K \times LS \times C \times P$$

Perencanaan Konstruksi**Perencanaan Pelimpah**

Dalam perencanaan pelimpah digunakan rumus :

$$Q = \frac{2}{15} \times C \sqrt{2g} (3B_1 + 2B_2) h_3^{3/2}$$

Perencanaan Main Dam

1. Penampang *Main dam*

Rumus yang digunakan kemiringan penampang adalah:

Untuk $H < 15$ m

$$(1 + \alpha)m^2 + [2(n + \beta) + n(4\alpha + \gamma)]m - (1 + 3\alpha) + \alpha\beta(4n + \beta) + \gamma(3n\beta + \beta^2 + n^2) = 0$$

2. Lebar *Main Dam*

Lebar mercu dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$B_m = \frac{1}{2,4n} \left[0,06 \times v^2 + h_3 \times \frac{1}{2} d \right]$$

Stabilitas Main Dam

1. Stabilitas terhadap geser :

$$SF = \frac{V \times \tan \phi + C \times b_2}{H}$$

2. Stabilitas terhadap guling :

$$SF = \frac{Mt}{Mg}$$

Perencanaan Pondasi

Dalam perencanaan perencanaan pondasi, daya dukung tanah dihitung dengan rumus :

$$q_{ult} = c \times N_c + \gamma_0 \times D_f \times N_q + 0,5 \times \gamma_1 \times B \times N_\gamma$$

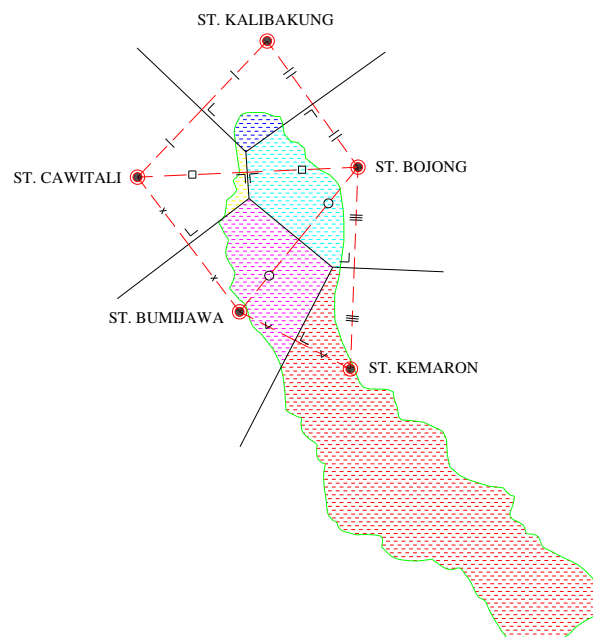
Pemeriksaan Piping

$$Cc < \frac{\frac{1}{3} L_H + L_v}{H1}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Curah Hujan Rencana

Dalam analisis curah hujan dengan metode *Thiessen* dimana luas DAS 45,65 Km² dan daerah pengaruhnya didasarkan pada 5 stasiun pengamatan, yaitu : Stasiun Kalibakung, Stasiun Bojong, Stasiun Cawitali, Stasiun Bumijawa, dan Stasiun Kemaron.



Gambar 2. Luas DAS Pengaruh 5 Stasiun Curah Hujan Pada Kali Gung

Data curah hujan rata-rata harian maksimum DAS Gung hasil perhitungan dengan metode *Thiessen* dari tahun 2002 sampai 2012 disajikan dalam Tabel 1. berikut :

Tabel 1. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Harian dengan Metode *Thiessen*

Tahun	Rmax (mm)	Tgl
2002	70,6306	3-Feb
2003	88,7148	23-Feb
2004	80,5036	25-Jan
2005	71,8639	19-Nov
2006	75,2855	27-Feb
2007	110,2870	2-Feb
2008	100,1331	15-Des
2009	146,9224	2-Feb
2010	139,0840	15-Jan
2011	154,1820	21-Jan
2012	75,6092	31-Jan

Dari analisis pemilihan jenis sebaran, dipilih yang mendekati syarat adalah metode *Log Pearson III* dengan nilai sebaran sebagai berikut :

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Analisis Frekuensi

Jenis Distribusi	Syarat	Perhitungan	Kesimpulan
Normal	$C_s \approx 0$	$C_s = 0,7613$	Tidak memenuhi
	$C_k = 3$	$C_k = 2,7911$	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s \approx 1,1396$	$C_s = 0,7613$	Tidak Memenuhi
	$C_k \approx 5,4002$	$C_k = 2,7911$	Tidak Memenuhi
<i>Log Pearson Type III</i>	$C_s (\log X) \neq 0$	$C_s = 0,5520$	Memenuhi
	$C_v \approx 0,3$	$C_v = 0,3144$	Mendekati
Log Normal	$C_v (\log X) \approx 0,06$	$C_v = 0,0654$	Mendekati
	$C_s (\log X) \approx 3C_v + C_v^2 = 1,0420$	$C_s = 0,5520$	Tidak Memenuhi

Sumber: perhitungan analisis frekuensi

Tabel 3. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Distribusi *Log Pearson Tipe III*

Periode Ulang	Faktor K	$K.Sd$	$\log R = \log X + K.Sd$	R (mm)
2	-0,1258	-0,0163	1,9706	93,45
5	0,7839	0,1018	2,0887	122,66
10	1,3348	0,1733	2,1603	144,63
25	1,9860	0,2579	2,2448	175,72
50	2,4352	0,3162	2,3032	200,98
100	2,8651	0,3721	2,3590	228,55

Sumber: perhitungan curah hujan rencana

Perhitungan Debit Banjir Rencana

Dalam perhitungan debit banjir akan digunakan beberapa metode yaitu : Metode Rasional, Metode *Haspers*, Metode *Weduwen*, Metode *Melchior*, dan Metode *Passing Capassity*.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan diperoleh debit banjir rencana untuk metode-metode dan periode ulang adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Periode Ulang (tahun)	Metode perhitungan Q (m ³ /det)				
	<i>Rasional</i>	<i>Haspers</i>	<i>Weduwen</i>	<i>Melchior</i>	<i>Passing Capacity</i>
2	233,586	170,845	109,250	246,455	
5	306,606	224,252	152,100	323,499	
10	361,512	264,410	185,793	381,429	
25	439,226	321,250	235,133	463,426	493,479
50	502,368	367,433	276,343	530,047	
100	571,281	417,836	322,226	602,757	

Sumber: perhitungan debit banjir rencana

ANALISIS EROSI DAN SEDIMENTASI

Perhitungan Erosi Lahan Dengan Metode USLE

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai $R = 1963,866$ KJ/ha/tahun, $K = 0,109$, Kemiringan Lereng (LS) = 0,4066, $C = 0,13166$, dan nilai $P = 0,19597$. Dari nilai tersebut maka dapat dihitung besarnya erosi yang terjadi pertahun dengan rumus :

$$E_a = R \times K \times LS \times C \times P$$

Maka Nilai E_a :

$$E_a = 1963,866 \times 0,109 \times 0,4066 \times 0,13166 \times 0,19597$$

$$E_a = 2,2457 \text{ ton/ha/tahun}$$

$$E_a = 0,22457 \text{ kg/m}^2/\text{th}$$

Menurut Prof. Dr. Ir. Suripin (2004) Batas maksimum laju erosi yang dapat diterima untuk skala makro (Misal DAS) adalah 0,2 kg/m²/th. Jadi, laju erosi pada DAS Gung sudah melampaui batas maksimum yang disyaratkan. Oleh karena itu, pembangunan *check dam* (bangunan pengendali sedimen) layak untuk dilakukan guna mendukung upaya pengendalian sedimentasi pada DAS Gung.

PERHITUNGAN KONSTRUKSI

Main Dam

Berdasarkan perhitungan dimensi konstruksi *Main Dam*, didapatkan tinggi *main dam* 4 m, lebar mercu 3 m, kemiringan bagian hulu 0,5 dan bagian hilir 0,2, kedalaman pondasi 3,2 m, dan tinggi sayap 6,47 m.

1. Stabilitas terhadap geser :

$$SF = \frac{V \times \tan \phi + C \times b^2}{H}$$

$$SF = \frac{168,41 \times \tan 25,62 + 0,5 \times 8,8}{35,85}$$

$$= 2,37 > 1,2 \longrightarrow \text{(aman)}$$

2. Stabilitas terhadap guling :

$$SF = \frac{Mt}{Mg}$$

$$SF = \frac{725,38}{179,99}$$

$$= 4,03 > 1,2 \longrightarrow \text{(aman)}$$

3. Tegangan Dasar Pondasi

$$q_{ult} = 0,5 \times 26,6 + 1,89 \times 3,2 \times 13,92 + 0,5 \times 1,89 \times 8,8 \times 10,94$$

$$= 188,46 \text{ t/m}^2$$

$$q_{aman} = \frac{q_{ult}}{SF}$$

$$q_{aman} = \frac{188,46}{2,5}$$

$$= 75,38 \text{ t/m}^2$$

Tegangan yang timbul pada dasar pondasi *main dam* :

$$\sigma_1 = 34,26 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_2 = 4,02 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_1, \sigma_2 < 75,38 \text{ t/m}^2 \longrightarrow \text{(Aman)}$$

Sub Dam

Berdasarkan perhitungan dimensi konstruksi *Sub Dam*, didapatkan letak *sub dam* dari *main dam* 19 m, lebar mercu 3 m, kemiringan bagian hulu 0,5 dan bagian hilir 0,2, kedalaman pondasi 2,5 m, tinggi *sub dam* 1,5 m, dan tinggi sayap 6,4 m.

1. Stabilitas terhadap geser :

$$SF = \frac{V \times \tan \theta + C \times b^2}{H}$$

$$SF = \frac{96,625 \times \tan 25,62 + 0,5 \times 7,05}{24,545}$$

$$= 2,03 > 1,2 \longrightarrow \text{(aman)}$$

2. Stabilitas terhadap guling :

$$SF = \frac{Mt}{Mg}$$

$$SF = \frac{327,296}{77,73}$$

$$= 4,21 > 1,2 \longrightarrow \text{(aman)}$$

3. Tegangan Dasar Pondasi

$$q_{ult} = 0,5 \times 26,6 + 1,89 \times 2,5 \times 13,92 + 0,5 \times 1,89 \times 7,05 \times 10,94$$

$$= 151,96 \text{ t/m}^2$$

$$q_{aman} = \frac{q_{ult}}{SF}$$

$$q_{aman} = \frac{151,96}{2,5}$$

$$= 60,78 \text{ t/m}^2$$

Tegangan yang timbul pada dasar pondasi *Sub Dam* :

$$\sigma_1 = 24,73 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_2 = 2,68 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_1, \sigma_2 < 60,78 \text{ t/m}^2 \longrightarrow (\text{aman})$$

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisis data-data dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Berdasarkan analisis data yang dilakukan, didapat hasil sebagai berikut :
 - Debit banjir rencana sebesar $Q_{50} = 502,368 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Metode Rasional).
 - *Sediment Delivery Ratio (SDR)* = 13,03 % dan hasil sedimentasi di DAS Gung sebesar 2,2457 ton/ha/th.
2. Fisik dari bangunan *Check Dam* Kali Gung :
 - Lebar mercu pelimpah *main dam* sebesar 20 m.
 - Tinggi *Main Dam* sebesar 4 m dan kedalaman pondasi sebesar 3,2 m.
 - Tinggi *Sub Dam* sebesar 1,5 m dan kedalaman pondasi sebesar 2,5 m.
 - Konstruksi *Main Dam* dan *Sub Dam* berupa pasangan batu kali.
 - Lantai lindung menggunakan konstruksi beton dengan ketebalan sebesar 1,8 m.
 - Rencana Anggaran Biaya pembuatan *Check Dam* Kali Gung sebesar Rp. 6.468.648.000,00.

SARAN

Saran yang dapat diuraikan dalam proyek *Check Dam* Lebugini setelah melakukan pengolahan data secara keseluruhan dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah:

1. Diperlukan pembangunan beberapa *check dam* di aliran sungai Gung agar upaya pengendalian sedimentasi lebih efektif.
2. Diperlukan konservasi lahan secara menyeluruh di DAS Gung terhadap lahan-lahan yang rusak, untuk mengurangi terjadinya erosi.
3. Perlunya peraturan pemerintah tentang pengaturan tata guna lahan khususnya di Wilayah Tangkapan Air dan ketegasan berupa sanksi bagi yang melakukan pelanggaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 1995. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Dirjen Pengairan - Direktorat Sungai - Departemen PU. 1992. *Cara Menghitung Design Flood*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Dirjen Pengairan - Direktorat Sungai - Departemen PU. 2002. *Cara Menghitung Design Flood*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Loebis, J. 1987. *Banjir Rencana untuk Bangunan Air*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Morris, G. L. 1972. *Reservoir Sedimentation Handbook*. New York: Mc Graw Hill.

- Roth, D, Henry. 1993. *Dasar – Dasar Ilmu Tanah*. Terjemahan oleh Soenartono. Jakarta: Erlangga.
- Soemarto, CD. 1995. *Hidrologi Teknik Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Soewarno. 1995. *Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid I*. Bandung: Nova.
- Sosrodarsono, S, Dr. 2002. *Bendungan Tipe Urugan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Suripin, Ir, M. Eng, Dr. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Suripin, Ir, M. Eng, Dr. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- ,1991. SNI. 03-2851-1991. *Tatacara Perencanaan Teknis Bendung Penahan Sedimen*. Jakarta: Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- ,1983. *Sabo Design*. JICA.
- ,1985. *Perencanaan Bangunan Pengendali Sedimen*. JICA.